

## 明 細 書

## 符号化データの復号プログラム及び方法並びに装置

5

## 技術分野

この発明は、非可逆圧縮して符号化された信号を入力し、その復号信号を出力する符号化データの復号プログラム及び方法並びに装置に関するものである。

## 背景技術

- 10 画像や音声などの情報をデジタル信号として伝送・蓄積する場合には、その冗長性を利用してデータ量を小さくする符号化技術が広く用いられる。この場合、人間の視覚・聴覚の特性が小さな歪みに鈍感であることを利用して再生信号に歪みを許容すれば、より大きな圧縮が可能となる。このような符号化方式は、原信号を正確には再現しないので、非可逆符号化と呼ばれる。
- 15 非可逆符号化によって符号化されたデータを復号する方法は、一般に符号化方法が与えられればその逆の処理を行うことによって実現することができる。図8は、例えば画像の符号化として広く用いられている J P E G (Joint Photographic Experts Group) 符号化データの復号装置を示すブロック図であり、IEEE Transactions on Consumer Electronics, 1992 年 2 月号の 21 ページに
- 20 開示されたものである。図8に示す復号装置は、符号化されたストリームを入力する可変長復号器80と、逆量子化器81と、逆DCT (Discrete Cosine Transform) 変換器82と、リミッタ83と、整数化器84とを備えている。リミッタ83と整数化器84は上記文献に開示されていないが、一般に広く用いられているものであり、以下の説明に重要なので付加した。
- 25 次に動作について説明する。J P E G符号化は、原信号をブロック単位にDCT変換し、その量子化インデックスを符号化するものであるから、復号化器はこの逆の処理を行えばよい。図8において、可変長復号器80は、J P E GのストリームをDCT係数の量子化インデックスに復号する。逆量子化器81は、この量子化インデックスをDCT係数に復号する。逆DCT変換器82は、このDCT係数に逆変換を施し、元の信号を再生する。逆DCT変換器82の出力は実数であり、再生信号をデジタルで表現する場合には、これを一定範囲の離散信号に変換しなければならない。この変換は、リミッタ83と整数化器84によって
- 30 実行される。リミッタ83は、逆DCT変換器82の出力を既定の範囲にクリップし、整数化器23は、その結果を整数に変換する。クリップと整数化の処理は

BEST AVAILABLE COPY

順序が逆であってもよい。この結果、整数化器 8 4 の出力には、デジタルデータとして表現可能な形式の出力が得られる。以上の処理はブロック単位に行われ、最後に全てのブロックを統合して復号データを得る。

- リミッタ 8 3 と整数化器 8 4 における処理は、多対一の写像であるから、その出力から元の DCT 係数を復元することはできない。このことは、ストリームとして表現されていた DCT 係数の量子化インデックスの一部の情報は復号によって失われることを意味する。

- この情報の消失は、再生される画像が人間によって消費されるためだけに存在する場合には大きな問題ではなかった。すなわち、復号で導入されるこのような誤差は、人間に知覚されない微小なものであるため、問題とならなかった。しかし、通信の多様化に伴って、符号化された画像の構造を保持することの重要性が認識されつつある。例えば、二次利用のために、復号画像をロスレスで再符号化したり、電子透かしなどの情報が画像に含まれたりして、その情報を復号後も保持しなければならない場合がある。従来の復号方法は、ロスレスな再符号化や電子透かしの残存を保証することができなかった。

従来の符号化データの復号方法では、逆変換された信号のクリッピングや整数化によって誤差が導入され、復号された信号をもう一度符号化した場合に同じ符号化ストリームが得られないという問題がある。

- また、クリッピングや整数化による誤差のために、量子化された DCT 係数の中に埋め込まれていた情報が消失するという問題がある。

この発明は、このような問題を解決するためになされたもので、復号されたデータをもう一度符号化した場合に元のストリームが完全に復元できる符号化データの復号プログラム及び方法並びに装置を提供することを目的とする。

- また、ストリームとして表現されていた信号の構造を一定の量子化精度の範囲で保ち、量子化された DCT 係数の中に埋め込まれていた情報を完全に保持できる符号化データの復号プログラム及び方法並びに装置を提供することを目的とする。

#### 発明の開示

- この発明に係る符号化データの復号装置及び方法は、非可逆圧縮して符号化された信号を入力し、その復号信号が存在する第 1 のベクトル空間において任意の実数ベクトルを一つの凸集合 X に直交射影する第 1 の射影手段（またはステップ）と、前記第 1 の射影手段（またはステップ）を介して凸射影が収束したかどうかを判定し、凸射影が収束したと判定された場合に、集合 X に属する実数ベクトル

- ル  $x$  を求めて復号信号として出力する収束判定手段（またはステップ）と、凸射影が収束していないと判定された場合に、前記第 1 のベクトル空間の任意のベクトルを前記第 1 のベクトル空間とは異なる前記第 2 のベクトル空間において一つの凸集合  $Y$  に直交射影した後、前記第 1 の射影手段（またはステップ）に移行させて、前記符号化された信号を初期値として、集合  $X$  と集合  $Y$  への直交射影を繰り返させる第 2 の射影手段（またはステップ）とを備えたものである。

また、この発明に係る符号化データの復号プログラムは、コンピュータに、符号化データの復号装置の各手段として機能させるためのものである。

#### 10 図面の簡単な説明

図 1 は、この発明のアプローチを説明するためのもので、復号された変換係数がクリップされることによって量子化インデックスの値が変化する例を模式的に示した図、

- 図 2 は、この発明の実施の形態 1 を説明するもので、図 1 の二つの集合  $X$  と  $Y$  に対して、 $y_c$  を初期値として、集合  $X$  と集合  $Y$  への直交射影を繰り返すことにより、ベクトル  $x_0$ 、 $x_1$ 、 $\dots$ 、 $x_n$  が順に求められる様子を示す図、

図 3 は、図 2 の集合  $Y$  の部分集合をなす別の凸集合  $W (=k Y)$  を示す図、

- 図 4 は、この発明に係る符号化データの復号プログラム及び方法を説明するためのハードウェアとしての符号化データの復号装置をコンピュータにより構成した場合を示すブロック図、

図 5 は、図 4 の ROM 4 B に格納されて CPU 4 A の制御に基づいて動作する符号化データの復号プログラムの内容を示すフローチャート、

図 6 は、図 5 に示すフローチャートに対応するもので、この発明に係る符号化データの復号装置の機能構成を示すブロック図、

- 図 7 は、この発明の実施の形態 2 を説明するもので、伝送された DCT 係数の量子化インデックスを  $Q_c$  で逆量子化して得られるベクトル  $y_c$  を初期値として、集合  $X$  と集合  $Y$  の間で凸射影を繰り返し、その共通の要素であるベクトル  $x_n$  が求められる様子を示す図、

図 8 は、従来の符号化データの復号装置を示すブロック図である。

30

#### 発明を実施するための最良の形態

以下、この発明を実施するための最良の形態を示す図面に基づいて具体的に説明する。

まず、この発明が解決しようとする問題とそれに対するアプローチについて具

体的に説明する。なお、以下では、便宜上、画像データを圧縮する J P E G 符号化を対象として説明するが、この発明の適用はこれに限られるものではない。

図 1 は、復号された変換係数がクリップされることによって量子化インデックスの値が変化する例を模式的に示したものである。図 1 において、 $y_c$  は量子化された D C T 係数のベクトルであり、復号時に既知のベクトルである。このベクトルは、図 8 における逆量子化器 8 1 の出力に得られるベクトルである。

また、 $Y$  は  $y_c$  に量子化される D C T 係数のベクトルの集合を表す。 $y_c$  は逆 D C T 変換器 8 2 によって、時間領域の信号に変換され、次に、リミッタ 8 3 によって一定の値の範囲にクリップされる。 $X$  はそのような値の範囲にあるベクトルの集合を表す。リミッタ 8 3 の処理は、逆 D C T された  $y_c$  を集合  $X$  に直交射影する処理とみなせる。図 1 において、リミッタ 8 3 の出力ベクトルを  $x_0$  で表した。

このベクトルは実数ベクトルのため、これを整数化して最終的な復号ベクトル  $x_d$  を得る。ここで、クリップにより、ベクトル  $x_d$  は集合  $Y$  の外に復号されている。このことは、ベクトル  $x_d$  を再び符号化した場合に、その量子化ベクトルは  $y_c$  に一致せず、復号によって量子化された D C T 係数の情報が失われることを意味する。

この発明は、この問題を解決するため、凸射影法を符号化ストリームの復号に利用するものである。凸射影法は、二つの集合  $X$ 、 $Y$  が共に凸集合、つまり集合に属する二つの要素を両端の点とする線分上の点はまたその集合に属するという性質を持つ集合であるとき、任意の初期値から始めて集合  $X$  と集合  $Y$  への直交射影を繰り返すことによりその共通解を求める手法である。

図 2 は、図 1 の各成分がとり得る範囲が有限であるベクトルの二つの集合  $X$  と  $Y$  に対して、 $y_c$  を初期値として、集合  $X$  と集合  $Y$  への直交射影を繰り返すことにより、ベクトル  $x_0$ 、 $x_1$ 、 $\dots$ 、 $x_n$  が順に求められる様子を示している。この操作を繰り返せば、 $x_1$  は集合  $X$  と  $Y$  に共通に属するベクトル  $x_n$  に限りなく近くなる。ここで、集合  $X$  と  $Y$  は、その成分が一定の範囲にある集合として定義されたから、明らかに凸集合である。したがって、共通解  $x_n$  は必ず求めることができる。

そこで、 $x_n$  に最も近い整数ベクトルを  $x_d$  とするとき、 $x_d$  が集合  $Y$  の要素であれば ( $x_d$  は必ず集合  $X$  の要素である)、符号化された量子化ベクトルが持っていた情報は保存される。なぜならば、このベクトルを再び符号化すれば、その量子化ベクトルは  $y_c$  に一致するからである。

ベクトル  $x_d$  が集合  $Y$  の要素でない場合には別の整数ベクトルを探索しなければ

ばならない。図3には、集合Yそのものでなく、その部分集合をなす別の凸集合  
 $W (=kY)$  が示されている。ここで、集合Wは、各成分がとり得る値の範囲が  
 有限であるベクトルの集合として定義され、例えば、集合Yの各成分の範囲を  $k$   
 ( $k < 1$ ) 倍に縮小した集合などとすればよい。 $y_0$  を初期値とし、集合Xと集  
 5 合Wの間で直交射影を繰り返せば、 $X \cap Y$  のより深くに存在する別のベクトル  $x_n$   
 $x_n$  が探索されることがわかる。

したがって、このベクトルを整数ベクトルに変換して  $x_d$  とすれば、これが集  
 合Yに属する確率は高くなる。以上の考察から、 $k$  の値を小さくしながら、凸射  
 影によるベクトルの探索を行えば、集合Xと集合Yに共通に存在する整数ベクト  
 10 ルが高い確率で得られることが理解される。

#### 実施の形態1.

図4は、この発明に係る符号化データの復号プログラム及び方法を説明するた  
 めのハードウェアとしての符号化データの復号装置をコンピュータにより構成し  
 15 た場合のブロック図である。図4に示す符号化データの復号装置4のハードウエ  
 ア構成としては、CPU4Aと、処理プログラムとしての符号化データの復号プ  
 ログラム及び固定データ等を記憶するROM4Bと、処理データ及び入力データ  
 等を一時記憶するRAM4Cと、入出力部4Dとを備えており、非可逆圧縮して  
 符号化された信号を入力して、前記ROM4Bに格納された符号化データの復号  
 20 プログラムに従いCPU4Aの制御に基づいて処理された結果が復号信号として  
 出力される。

図5は、前記ROM4Bに格納されてCPU4Aの制御に基づいて動作する符  
 号化データの復号プログラムのフローチャートを示すものである。図5において  
 、初期化ステップS51では、受信したDCT係数の量子化インデックス  $y_q$  を  
 25 逆量子化して凸射影のための初期ベクトル  $y$  を得る。また、 $k$  の値を1にセット  
 する。すなわち、次式で表される処理を行う。

$$y \leftarrow Q^{-1}(y_q)$$

$$k \leftarrow 1$$

ただし、 $Q^{-1}(\cdot)$  は逆量子化の演算を表す。

30 このときの  $y$  の値は、後のステップで必要なので、 $y_0$  として保持しておく。

次に、射影ステップS52において、ベクトル  $y$  は、逆変換が施された後、集  
 合Xへ直交射影される。ここで、集合Xへの直交射影は、具体的には、 $y$  を逆変  
 換したベクトルの各成分を  $a$  から  $b$  ( $a < b$ ) の範囲にクリップすればよく、さ  
 らに詳細に述べれば、 $a$  より小さな成分は  $a$  に、 $b$  より大きな成分は  $b$  に変更し

、それ以外の成分はそのままとすればよい。ここで、画像信号が8ビットで表現される典型的な場合には、 $a = 0$ 、 $b = 255$ などとすればよい。この処理は、次式で表される。

$$x \leftarrow P_x (T^{-1} (y))$$

5       ただし、 $T^{-1}(\cdot)$ は逆変換、 $P_x(\cdot)$ は集合 $X$ への直交射影を表す。

次に、収束判定ステップS53は、この集合 $X$ への直交射影によってベクトルが変化したかどうかを確認し、変化が小さければ、凸射影が収束したとして整数化ステップS55へ進み、変化が大きければ、射影ステップS54へ進む。ここで、変化の大きさは例えば、

$$10 \quad |x - T^{-1}(y)| < \varepsilon$$

などで判定すればよい。ただし、 $|\cdot|$ はベクトルのユークリッドノルム、 $\varepsilon$ は演算回路の精度で決まる正数である。

次に、射影ステップS54は、 $x$ をDCT変換して $T(x)$  ( $T(\cdot)$ はDCT変換を表す)を求め、これを集合 $kY$ へ直交射影する。ここで、この直交射影は、 $T(x)$ を量子化したときにそれが $y_c$ に等しくなるように、 $T(x)$ の各成分を一定の範囲に修正すればよい。この修正は、射影ステップS52と同様に実行することができる。射影ステップS54の処理は、

$$y \leftarrow P_{kY} (T(x))$$

で表される。ただし、 $P_{kY}(\cdot)$ は集合 $kY$ への直交射影である。

20       前記収束判定ステップS53で凸射影の収束が得られた場合には、整数化ステップS55で $x$ を整数ベクトルに変換する。

次に、終了判定ステップS56では、この整数ベクトルが集合 $Y$ に属するかどうかを確認し、属する場合にはこのベクトルを出力ベクトルとして、復号を終了する。この終了判定は、整数ベクトルをDCT変換した後、それを量子化した結果が $y_c$ と一致するかどうかを見ればよい。すなわち、

$$25 \quad Q(T(int(x))) = y_c$$

が成り立てば、 $x$ は集合 $Y$ の要素である。ここで、 $int(\cdot)$ は整数化、 $Q(\cdot)$ は量子化の演算子である。

上式が成り立たない場合は、縮小ステップS57によって $k$ の値を小さくし、

30       射影ステップS58によって $x$ を集合 $kY$ へ直交射影した後、直交射影ステップS52に戻って凸射影を繰り返す。ここで、縮小ステップS57の処理は1より小さい実数 $r$ を用いて、

$$k \leftarrow rk$$

などとすればよい。また、射影ステップS58の処理は、射影ステップS54の

処理と全く同じである。

図6は、上述した図5に示す符号化データの復号プログラム及び方法を説明するフローチャートに対応するもので、この発明に係る符号化データの復号装置の機能構成を示すブロック図である。

5 図6に示すように、符号化データの復号装置の機能構成としては、非可逆圧縮して符号化された信号を入力し、その復号信号が存在する第1のベクトル空間において任意の実数ベクトルを一つの凸集合Xに直交射影する第1の射影手段61と、第1の射影手段61を介して凸射影が収束したかどうかを判定し、凸射影が収束したと判定された場合に、集合Xに属する実数ベクトル $x$ を求めて復号信号として出力する収束判定手段62と、凸射影が収束していないと判定された場合に、第1のベクトル空間の任意のベクトルを第1のベクトル空間とは異なる第2のベクトル空間において一つの凸集合Yに直交射影した後、第1の射影手段61に移行させて、符号化された信号を初期値として、集合Xと集合Yへの直交射影を繰り返させる第2の射影手段63とを備えている。

15 さらに、この符号化データの復号装置は、収束判定手段62により凸射影が収束したと判定された場合に、集合Xに属する実数ベクトルを整数ベクトルに変換する整数化手段64と、整数ベクトルが集合Yに属するか否かを判定し、集合Yに属すると判定された場合に整数ベクトルを復号ベクトルとして出力する終了判定手段65と、集合Yに属しないと判定された場合に、集合Yを縮小してその部分集合である新たな凸集合Wを生成する縮小手段66と、変換された整数ベクトルを凸集合Wに直交射影した後、第1の射影手段61に移行させて、前記符号化された信号を初期値として、集合Wと集合Xの間で直交射影を行って実数ベクトル $x$ を繰り返し修正させる第3の射影手段67とを備えている。

25 ここで、図6に示す各機能構成は、図5に示すフローチャートにおける各ステップに対応する。すなわち、第1の射影手段61は射影ステップS52に対応し、収束判定手段62は収束判定ステップS53に対応し、第2の射影手段63は射影ステップS54に対応し、整数化手段64は整数化ステップS55に対応し、終了判定手段65は終了判定ステップS56に対応し、縮小手段66は縮小ステップS57に対応し、第3の射影手段67は射影ステップS58に対応している。

30 この発明の方法は、その収束性が証明されていない。すなわち、 $k$ を十分小さくしても終了判定ステップS56において終了の判定がなされず、集合Xと集合Yに共通に存在する整数ベクトルを見つけることができない場合がある。これは、特に量子化が細かい場合に生じやすい。なぜならば、量子化が細くなるにし

たがって、集合Yの大きさは減少し、その結果、共通集合 $X \cap Y$ に含まれる整数ベクトルが少なくなるためである。

- そこで、この発明は、また、特に量子化が細かい場合には、符号化の量子化ベクトルとは別の精度の量子化ベクトルを定め、その量子化精度の範囲で符号化されたDCT係数が持つ情報を保持する復号方法を与える。

#### 実施の形態2.

- この発明の実施の形態2に係る符号化データの復号プログラムと方法及び装置は、図4ないし図6に示す実施の形態1と同一構成を備える。しかし、いくつかのステップで異なる処理を行う必要がある。

- 実施の形態2では、符号化のための量子化ベクトルとは別に符号化データの構造が保たれていることを判定するための量子化ベクトルが用いられる。この量子化ベクトルを $Q_w$ 、符号化のための量子化ベクトルを $Q_c$ とする。実施の形態1では、 $Q_w = Q_c$  ( $= Q$ ) であった。ここで、集合Xは実施の形態1と同様に定義される。集合Yは、 $Q_w$ で量子化したときにその結果が $y_w$ となるようなDCT係数ベクトルの集合として定義される。 $Q_w$ は集合Yの中に十分な数の整数ベクトルが存在するように設定される。

- 図7は、伝送されたDCT係数の量子化インデックスを $Q_c$ で逆量子化して得られるベクトル $y_c$ を初期値として、集合Xと集合Yの間で凸射影を繰り返し、その共通の要素であるベクトル $x_n$ が求められる様子を示す。ここで、 $y_c$ は集合Yの要素である。この図7で示されるように、 $Q_w$ と $Q_c$ が異なる実施の形態2では、 $Q_c$ を用いてベクトル $y$ の初期値を求め、 $Q_w$ を用いて集合Yを定義するようにすればよい。

- 以下、図5において、実施の形態1と異なるステップを具体的に説明する。初期化ステップ51では、 $y$ の初期値として、 $Q_c$ を用いてベクトル $y$ の初期値を求める。すなわち、

$$y \leftarrow Q_c^{-1}(y_q)$$

$$k \leftarrow 1$$

を計算する。ただし、 $y_q$ は受信したDCT係数の量子化インデックスである。

- また、後の判定のために、この $y$ を $Q_w$ で量子化・逆量子化したベクトル

$$y_w \leftarrow Q_w^{-1}(Q_w(y))$$

を求めておく。

射影ステップS52、収束判定ステップS53、射影ステップS54、整数化ステップS55は実施の形態1と同一である。終了判定ステップS56は、量子

化パラメータとして $Q_w$ を用いて、次式が成り立つかどうかを見ることにより終了の判定を行う。

$$Q_w (T (i n t (x) ) ) ) = y w$$

ただし、 $x$ は射影ステップS52の出力ベクトルである。

- 5 縮小ステップS57、射影ステップS58は実施の形態1と同様である。

以上により、実施の形態2では、復号ベクトルを再びDCT変換し、これを $Q_w$ で量子化した結果は、もとの符号化データを $Q_w$ で量子化した結果と一致するので、符号化データの構造が、 $Q_w$ の精度の範囲で復号された信号に保持される。したがって、例えば、電子透かしなどの情報を、復号データの中に $Q_w$ の精度

- 10 で残すことが可能になる。

量子化パラメータ $Q_w$ を適切にとることによって、ほとんどの場合に $X \cap Y$ に存在する整数ベクトルが得られることは、実験により示すことができる。表1は、J P E G符号化された二つの画像データを復号した場合に、全てのブロックでそのような解が得られたことを示す実験結果である。

- 15 ここで、 $Q_w$ （量子化幅のベクトル）は全てのDCT係数に対して8とした。

表1において、 $n$ は $k$ を修正した回数を示し、 $n$ に対応する $k$ の値が2列目に示されている。実験は $Q_c$ を3通りに設定し、符号化の精度を変えて行った。

表 1

n	k	画像 1			画像 2		
		q=1.0	Q=0.1	q=0.01	q=1.0	q=0.1	q=0.01
0	1.000	81787	81772	81470	2180	2247	2296
1	0.950	77	8	0	57	4	0
2	0.903	48	11	0	60	19	0
3	0.857	6	24	0	7	20	0
4	0.815	2	14	0	0	5	0
5	0.774	0	8	0	0	2	0
6	0.735	0	54	363	0	7	7
7	0.698	0	27	86	0	0	1
8	0.663	0	2	1	0	0	0
9	0.630	0	0	0	0	0	0
total	-	81920	81920	81920	2304	2304	2304

この符号化の精度はパラメータ  $q$  で表されている。 $q$  の値が小さいほど  $Q_c$  の値は小さく、符号化の精度は高い。 $q = 1.0$  においては、 $Q_w = Q_c$  が成り立っている。画像 1 は自然画像、画像 2 はくさび模様のテスト画像である。これらの画像の DCT ブロックの総数はそれぞれ、81920、2304 である。

- 5    以上のパラメータを用いて、図 1 の流れ図に沿って復号を行い、終了判定ステップ S56 において  $n$  回目に終了の判定がなされるブロックの数を数えた。この数が、第 3 列以降に記入されている。例えば、 $q = 1.0$  で符号化した画像 1 を復号した場合には、81920 ブロックのうち、81787 のブロックでは、 $k = 1$  で復号が終了し、以下、 $k = 0.950$ 、 $k = 0.903$ 、 $k = 0.857$
- 10  、 $k = 0.815$  で終了したブロックの数がそれぞれ 77、48、6、2 であったことを示している。この場合には、 $k = 0.815$  までに全てのブロックにおいて、復号が終了したことがわかる。同様に、他のパラメータについても、全てブロックに対して、 $k = 0.663$  までに解が得られていることがわかる。

- 以上では J P E G 符号化を取り上げ、D C T 変換を用いた画像符号化について
- 15   説明を行ったが、この発明は、画像符号化に限られるものではなく、音声などの符号化データにも適用できる。また、集合  $Y$  を適切に与えることによって、D C T 変換だけでなく、ウェーブレット変換など他の符号化方式にも適用できる。さらに、静止画像の符号化だけでなく、M P E G などの動画の符号化にも適用できる。

## 請 求 の 範 囲

1. コンピュータに、非可逆圧縮して符号化された信号を入力し、その復号信号が存在する第1のベクトル空間において任意の実数ベクトルを一つの凸集合Xに直交射影する第1の射影手段と、前記第1の射影手段を介して凸射影が収束したかどうかを判定し、凸射影が収束したと判定された場合に、集合Xに属する実数ベクトル $x$ を求めて復号信号として出力する収束判定手段と、凸射影が収束していないと判定された場合に、前記第1のベクトル空間の任意のベクトルを前記第1のベクトル空間とは異なる前記第2のベクトル空間において一つの凸集合Yに直交射影した後、前記第1の射影手段に移行させて、前記符号化された信号を初期値として、集合Xと集合Yへの直交射影を繰り返させる第2の射影手段として機能させるための符号化データの復号プログラム。
2. 請求項1に記載の符号化データの復号プログラムにおいて、  
前記集合Xと前記集合Yは、各成分がとり得る値の範囲が有限であるベクトルの集合として定義される  
ことを特徴とする符号化データの復号プログラム。
3. 請求項1に記載の符号化データの復号プログラムにおいて、  
コンピュータに、前記収束判定手段により凸射影が収束したと判定された場合に、集合Xに属する実数ベクトルを整数ベクトルに変換する整数化手段と、整数ベクトルが集合Yに属するか否かを判定し、集合Yに属すると判定された場合に整数ベクトルを復号ベクトルとして出力する終了判定手段と、集合Yに属しないと判定された場合に、前記集合Yを縮小してその部分集合である新たな凸集合Wを生成する縮小手段と、変換された整数ベクトルを前記凸集合Wに直交射影した後、前記第1の射影手段に移行させて、前記符号化された信号を初期値として、集合Wと集合Xの間で直交射影を行って実数ベクトル $x$ を繰り返し修正させる第3の射影手段としてさらに機能させるための符号化データの復号プログラム。
4. 請求項3に記載の符号化データの復号プログラムにおいて、  
前記集合Wは、各成分がとり得る値の範囲が有限であるベクトルの集合として定義され、その範囲が前記集合Yを定義する各成分の範囲をそれぞれ $k$  ( $k < 1$ ) 倍に縮小したもので与えられる  
ことを特徴とする符号化データの復号プログラム。

5. 請求項 1 に記載の符号化データの復号プログラムにおいて、  
前記符号化された信号は、前記第 2 のベクトル空間のベクトルを第 1 の量子化ベクトルで量子化したものであり、前記集合 Y は、このベクトルを第 2 の量子化ベクトルで量子化したときに、一つのベクトル  $y$  に一致するようなベクトルの集合として定義される
- 5 ことを特徴とする符号化データの復号プログラム。

6. 請求項 5 に記載の符号化データの復号プログラムにおいて、  
前記第 1 の量子化ベクトルと前記第 2 の量子化ベクトルが同一である
- 10 ことを特徴とする符号化データの復号プログラム。

7. 非可逆圧縮して符号化された信号を入力し、その復号信号が存在する第 1 のベクトル空間において任意の実数ベクトルを一つの凸集合 X に直交射影する第 1 の射影ステップと、
- 15 前記第 1 の射影ステップを介して凸射影が収束したかどうかを判定し、凸射影が収束したと判定された場合に、集合 X に属する実数ベクトル  $x$  を求めて復号信号として出力する収束判定ステップと、  
凸射影が収束していないと判定された場合に、前記第 1 のベクトル空間の任意のベクトルを前記第 1 のベクトル空間とは異なる前記第 2 のベクトル空間において一つの凸集合 Y に直交射影した後、前記第 1 の射影ステップに移行させて、前記符号化された信号を初期値として、集合 X と集合 Y への直交射影を繰り返させる第 2 の射影ステップと
- 20 を備えた符号化データの復号方法。

8. 請求項 7 に記載の符号化データの復号方法において、  
前記集合 X と前記集合 Y は、各成分がとり得る値の範囲が有限であるベクトルの集合として定義される
- 25 ことを特徴とする符号化データの復号方法。

9. 請求項 7 に記載の符号化データの復号方法において、  
前記収束判定ステップにより凸射影が収束したと判定された場合に、集合 X に属する実数ベクトルを整数ベクトルに変換する整数化ステップと、  
整数ベクトルが集合 Y に属するか否かを判定し、集合 Y に属すると判定された場合に整数ベクトルを復号ベクトルとして出力する終了判定ステップと、
- 30

集合Yに属しないと判定された場合に、前記集合Yを縮小してその部分集合である新たな凸集合Wを生成する縮小ステップと、

- 5 変換された整数ベクトルを前記凸集合Wに直交射影した後、前記第1の射影ステップに移行させて、前記符号化された信号を初期値として、集合Wと集合Xの間で直交射影を行って実数ベクトル $x$ を繰り返し修正させる第3の射影ステップと

をさらに備えたことを特徴とする符号化データの復号方法。

- 10 10. 請求項9に記載の符号化データの復号方法において、  
前記集合Wは、各成分がとり得る値の範囲が有限であるベクトルの集合として定義され、その範囲が前記集合Yを定義する各成分の範囲をそれぞれ $k$  ( $k < 1$ ) 倍に縮小したもので与えられる

ことを特徴とする符号化データの復号方法。

- 15 11. 請求項7に記載の符号化データの復号方法において、  
前記符号化された信号は、前記第2のベクトル空間のベクトルを第1の量子化ベクトルで量子化したものであり、前記集合Yは、このベクトルを第2の量子化ベクトルで量子化したときに、一つのベクトル $y$ に一致するようなベクトルの集合として定義される

- 20 ことを特徴とする符号化データの復号方法。

12. 請求項11に記載の符号化データの復号方法において、  
前記第1の量子化ベクトルと前記第2の量子化ベクトルが同一であることを特徴とする符号化データの復号方法。

25

13. 非可逆圧縮して符号化された信号を入力し、その復号信号が存在する第1のベクトル空間において任意の実数ベクトルを一つの凸集合Xに直交射影する第1の射影手段と、

- 30 前記第1の射影手段を介して凸射影が収束したかどうかを判定し、凸射影が収束したと判定された場合に、集合Xに属する実数ベクトル $x$ を求めて復号信号として出力する収束判定手段と、

凸射影が収束していないと判定された場合に、前記第1のベクトル空間の任意のベクトルを前記第1のベクトル空間とは異なる前記第2のベクトル空間において一つの凸集合Yに直交射影した後、前記第1の射影手段に移行させて、前記符

号化された信号を初期値として、集合Xと集合Yへの直交射影を繰り返させる第2の射影手段と

を備えた符号化データの復号装置。

- 5        14.    請求項13に記載の符号化データの復号装置において、  
前記集合Xと前記集合Yは、各成分がとり得る値の範囲が有限であるベクトルの集合として定義される  
ことを特徴とする符号化データの復号装置。

- 10       15.    請求項13に記載の符号化データの復号装置において、  
前記収束判定手段により凸射影が収束したと判定された場合に、集合Xに属する実数ベクトルを整数ベクトルに変換する整数化手段と、  
整数ベクトルが集合Yに属するか否かを判定し、集合Yに属すると判定された場合に整数ベクトルを復号ベクトルとして出力する終了判定手段と、  
15       集合Yに属しないと判定された場合に、前記集合Yを縮小してその部分集合である新たな凸集合Wを生成する縮小手段と、  
変換された整数ベクトルを前記凸集合Wに直交射影した後、前記第1の射影手段に移行させて、前記符号化された信号を初期値として、集合Wと集合Xの間で直交射影を行って実数ベクトル $x$ を繰り返し修正させる第3の射影手段と  
20       をさらに備えたことを特徴とする符号化データの復号装置。

16.    請求項15に記載の符号化データの復号装置において、  
前記集合Wは、各成分がとり得る値の範囲が有限であるベクトルの集合として定義され、その範囲が前記集合Yを定義する各成分の範囲をそれぞれ $k$  ( $k < 1$   
25    ) 倍に縮小したもので与えられる  
ことを特徴とする符号化データの復号装置。

17.    請求項13に記載の符号化データの復号装置において、  
前記符号化された信号は、前記第2のベクトル空間のベクトルを第1の量子化  
30    ベクトルで量子化したものであり、前記集合Yは、このベクトルを第2の量子化ベクトルで量子化したときに、一つのベクトル $y$ に一致するようなベクトルの集合として定義される  
ことを特徴とする符号化データの復号装置。

18. 請求項17に記載の符号化データの復号装置において、  
前記第1の量子化ベクトルと前記第2の量子化ベクトルが同一である  
ことを特徴とする符号化データの復号装置。

図 1

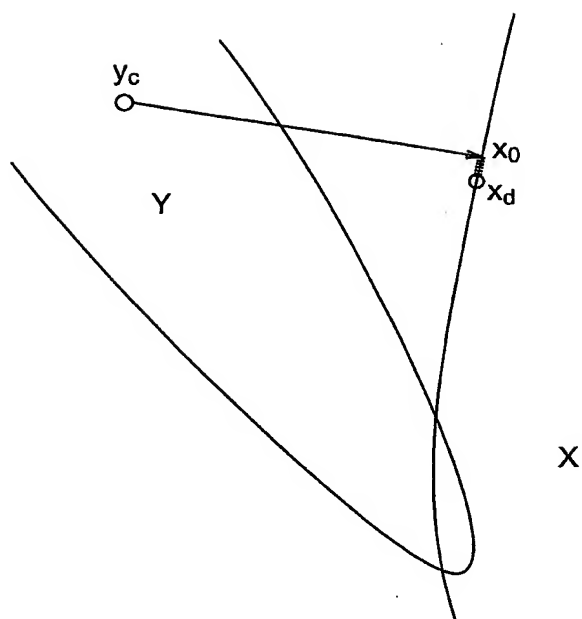


図2

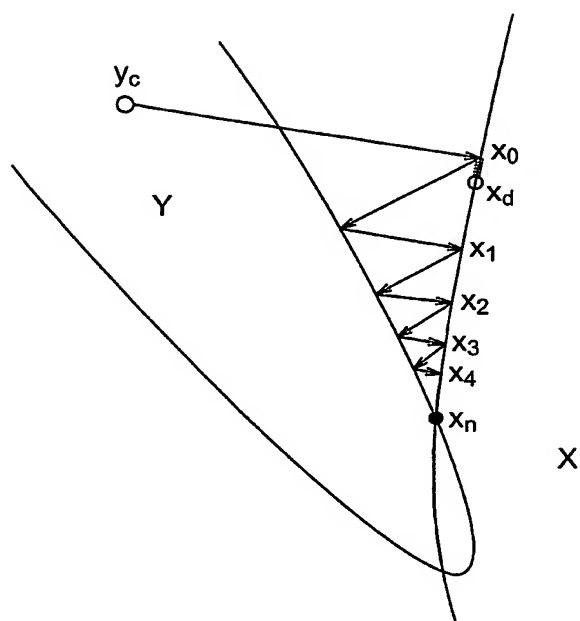


図3

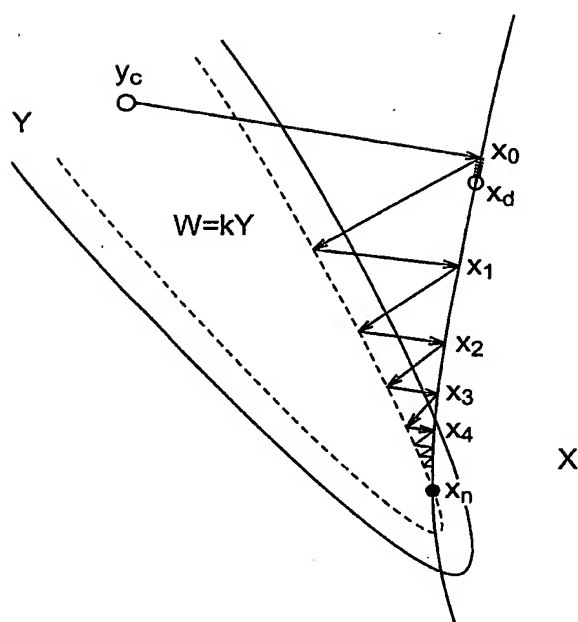


図4

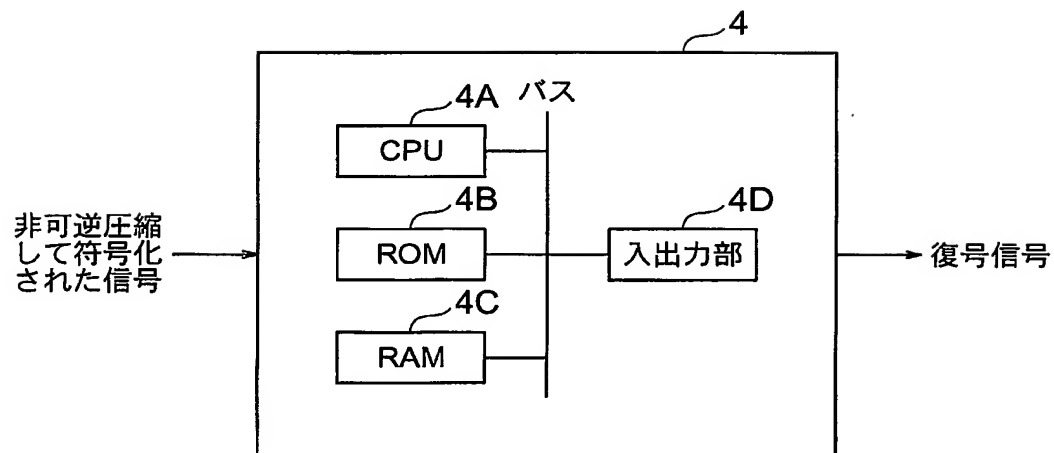


図5

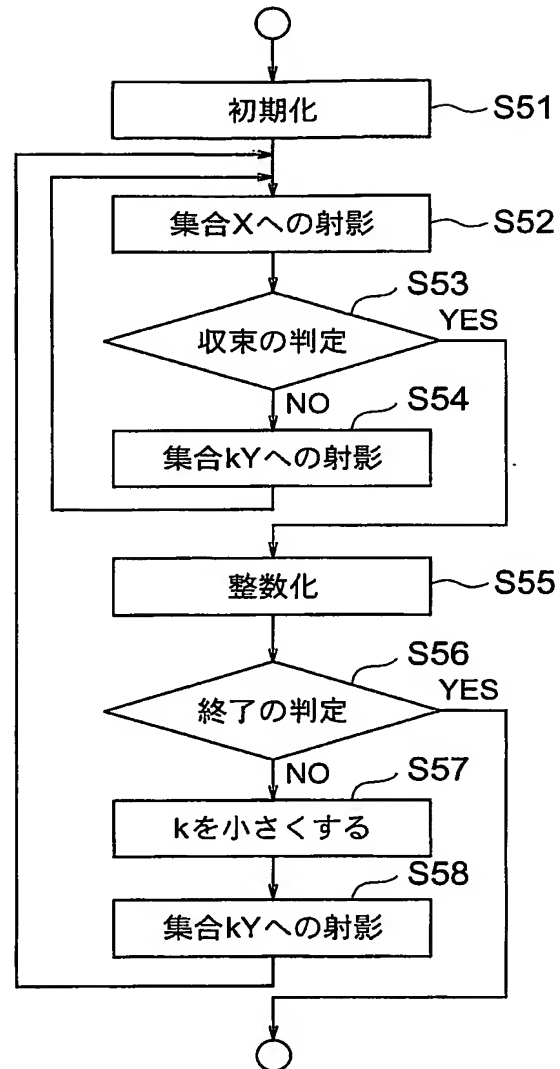


図6

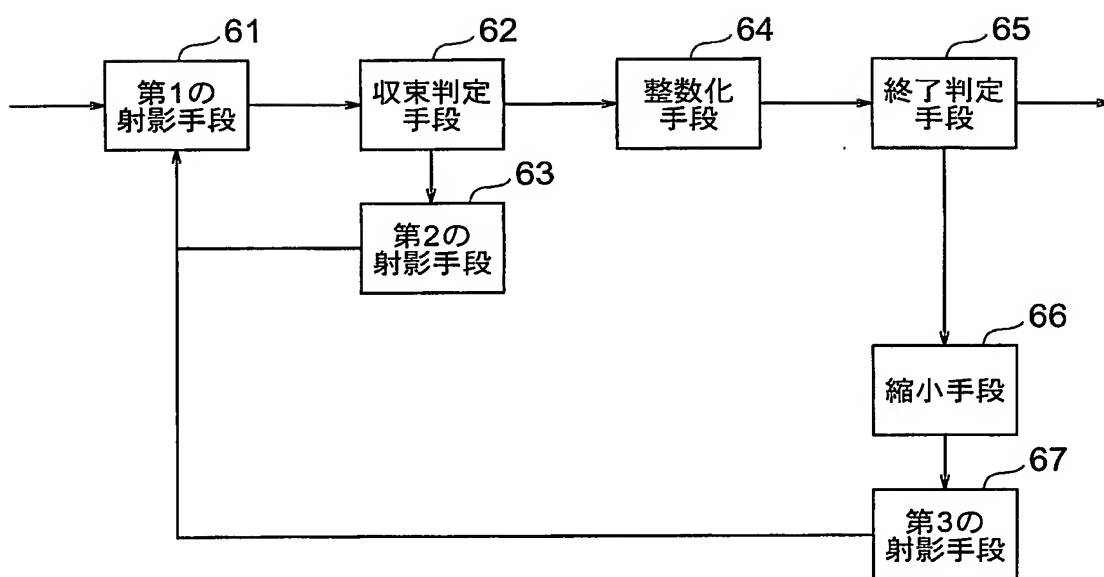


図7

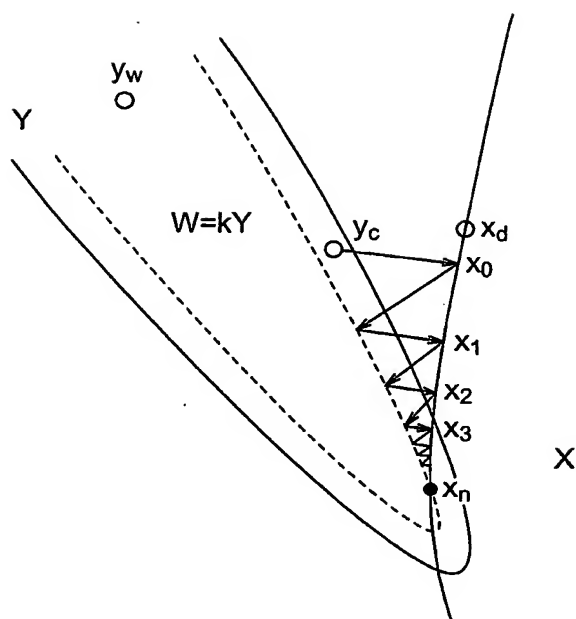
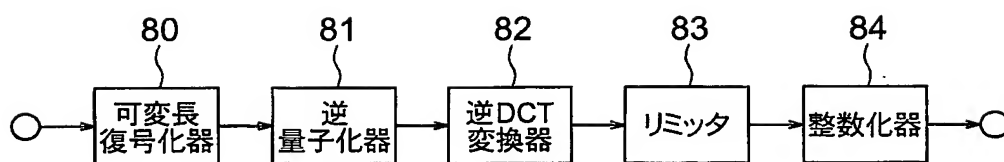


図 8



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

## **IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**